

Aus der Universitäts-Klinik für Kommunikationsstörungen
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. med. P. BIESALSKI)

VERGLEICHENDE HÖRPRÜFUNGEN AM SCHWERHÖRIGEN KLEINKIND

- a) Zwischen Freifeld- und Kopfhöreraudiometrie
- b) Zwischen Sinustönen und Kinderliedern im freien Schallfeld
beim normalentwickelten und retardierten Kind

nebst einer Übersicht über die verschiedenen Untersuchungsverfahren.

INAUGURALDISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereich

vorgelegt von
KURT BREUER
aus Tübingen

Mainz 1974

Aus der Universitäts-Klinik für Kommunikations-
störungen der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. med. P. BIESALSKI)

VERGLEICHENDE HÖRPRÜFUNGEN AM SCHWERHÖRIGEN KLEINKIND

- a) Zwischen Freifeld- und Kopfhöreraudiometrie
- b) Zwischen Sinustönen und Kinderliedern im
freien Schallfeld beim normalentwickelten
und retardierten Kind

nebst einer Übersicht über die verschiedenen Unter-
suchungsverfahren.

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Kurt BREUER

aus Tübingen

Mainz 1974



Fachbereichsdekan: Professor Dr. H. Langendorf

Referent: Professor Dr. P. Biesalski

Korreferent: Professor Dr. H.-J. Theissing

Tag der mündlichen Prüfung: 18.12.1974

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Problemstellung	1
II. Audiometrische Verfahren	3
a) Aussonderungstests	3
b) Pädoaudiologische Methoden	4
c) Reflexaudiometrie	6
d) Objektive Methoden	8
III. Apparatur und Untersuchungs- bedingungen	10
IV. Untersuchungen	14
a) Erläuterungen zu den Tabellen und statistischen Formeln	14
b) Untersuchungsgänge, Tabellen und Auswertung	16
c) Regressionslinien (Schaubil- der)	33
V. Wertung	49
VI. Zusammenfassung	51
VII. Literaturverzeichnis	53

I. PROBLEMSTELLUNG

Die Bedeutung der Frühdiagnostik hörgestörter Kinder wurde in den letzten Jahren zunehmend erkannt, da Entwicklungsschäden nur vermieden werden können, wenn Therapie und Förderung möglichst früh einsetzen. In verstärktem Maße gilt dies für ein geistig schwach begabtes Kind. Auch ist bereits im ersten Lebensjahr bei höhergradiger Schwerhörigkeit die Gefahr der Verstummung nicht zu unterschätzen.

Entscheidend zur Rehabilitation eines hörgeschädigten Kleinkindes trägt die Früh Hörerziehung ab dem zweiten Lebensjahr bei. Aus diesem Grunde müssen auswählende Hörprüfungen durchgeführt werden:

1. Für Risikokinder (erbliche Belastung, angeborene Mißbildungen, besonders im Schädelbereich, Zustände nach perinatalen Komplikationen, frühkindliche Hirnschäden, Schädel-Hirn-Traumen).
2. Für Verdachtskinder (angeborene Anomalien im Schädelbereich, häufige Otitiden, schlechte oder fehlende Reaktion auf Schallreize, Sprachentwicklungsverzögerungen und Sprachfehler, Verhaltensstörungen und Konzentrationschwäche, Rechtschreibschwäche in der Schule) und
3. für Schulkinder, bei denen gemäß großer Reihentests (BECKMANN, SCHLORHAUFER) mit 1-3% Schwerhörigen gerechnet werden kann.

Nun ist aber für die wichtigste Gruppe, für die schwerhörigen Kleinkinder, eine Prüfung nur im freien Schallfeld möglich, wenn man von speziell-

len kinderaudiometrischen Verfahren absieht. Die Kopfhöreraudiometrie mit Sinustönen oder Geräuschen ist kaum vor dem 4.-5. Lebensjahr anwendbar, bei manchen Kindern erst wesentlich später. Es erschien daher im Hinblick auf die wachsenden Aufgaben der allgemeinen und der speziellen medizinischen Vorsorge wichtig, gebräuchliche Methoden der Kinderaudiometrie, vor allem solche, die für das frühe Kindesalter geeignet sind, miteinander zu vergleichen.

Es geht hier vor allem darum, dem sehr häufig unterschiedlich beurteilten freien Schallfeld gegenüber den konventionellen Kopfhörermethoden den ihm gebührenden Platz zuzuweisen. Das Schallfeld bietet, streng physikalisch betrachtet, akustische Probleme (Lautsprechercharakteristik, Störpegel, stehende Wellen usw.), weshalb es oft als zu ungenau angesehen wird. Gerade aber was die eingangs erwähnten Verdachts- und Risikokinder anbelangt, brauchen wir Verfahren, die schon gewisse diagnostische Schlüsse zulassen.

Ziel der Arbeit war es erstens herauszufinden, ob Untersuchungen im freien Schallfeld in der Praxis der Kopfhöreraudiometrie gleichwertig sind. Außerdem sollte geklärt werden, ob bei einer bestehenden Korrelation die Schwellenwerte beider Verfahren übereinstimmen oder eine gleichbleibende Differenz aufweisen.

Zweitens sollte nachgeprüft werden, ob auch noch mit einem solchen Kopfhöreraudiogramm, das erst nach Jahren durchführbar war, ausreichende Übereinstimmung bestand und sich somit keine neuen therapeutischen Konsequenzen ergaben.

Da Kleinkinder, insbesondere wenn sie geistig zurückgeblieben sind, häufig auf Kinderlieder eher ansprechen als auf Sinustöne, kann das Kinderlied zur vorläufigen Orientierung über den Grad einer Hörstörung gute Dienste leisten.

Daher wurden drittens in der letzten Untersuchung Sinusfrequenzen mit Kinderliedern verglichen, um festzustellen, ob Übereinstimmung besteht und bei welcher Frequenz diese am größten ist. Dabei wurden geistig normal entwickelte und retardierte Kinder zur Klärung eventuell unterschiedlicher Ergebnisse getrennt untersucht.

Bei der Bewertung des freien Schallfeldes müssen wir davon ausgehen, daß es sich hierbei im Routinebetrieb um das einfachste Verfahren handelt, welches bei Kleinkindern brauchbare Ergebnisse liefert, solange noch keine Kopfhöreruntersuchung möglich ist. Untersuchungen wie z.B. die EEG-Audiometrie werden wegen des Aufwandes auf Einzelfälle beschränkt bleiben müssen.

II. AUDIOMETRISCHE VERFAHREN

a) Aussonderungstests

Auswählende Hörprüfungen (SCREENING) gestatten eine verlässliche Aussiebung solcher Kinder, die einer genaueren Hördiagnostik zugeführt werden müssen. Da hierbei eine große Zahl erfaßt werden muß, sollen derartige Auswahlverfahren vor allem einfach, verlässlich und auch von weniger erfahrenen Untersuchern ohne großen Zeitaufwand durchführbar sein. Bewährt haben sich Freifeld- und Kopfhöreraudiometrie mit einem tragbaren Tongenerator. Es genügt hierfür ein einigermaßen ruhiger Raum (Störpegel möglichst nicht über 40-50 dB). Die Prüfung über den Aureopalpebralreflex, der durch eine locker aufge-

setzte Frenzelbrille verdeutlicht wird, besitzt kaum noch Bedeutung.

b) Pädoaudiologische Verfahren

1. Mororeflex

Dieser Schreckreflex des Säuglings läßt sich unter anderem auch durch laute Schallreize, die mindestens 60 dB über der Schwelle liegen, auslösen. Er verschwindet normalerweise nach dem dritten Lebensmonat.

2. Die Säuglingsaudiometrie (BIESALSKI, DOWNS)

ist verwendbar schon ab dem 4.-5. Lebensmonat.

Die in Mainz entwickelte Baby-Anlage besteht aus einem Kinderbett, an dessen Kopfende sich rechts und links je ein Lautsprecher befindet. Zwischen beiden Lautsprechern liegt der Kopf des Säuglings in der Mulde eines Schaumgummikissens im Schallfeld. Zwei Glühlampen mit beweglichen Armen sind auf den Lautsprechern befestigt. Diese können entweder bei unruhigen Kindern durch Aufleuchten zur Fixation des Kopfes in der Mittellinie dienen oder bei älteren Säuglingen und debilen Kleinkindern zum Einfahren eines Ton-Licht-Orientierungsreflexes benutzt werden. Die Relativhörschwelle des normalhörenden Säuglings liegt für Frequenzen von 500-6000 Hz bei durchschnittlich 40-50 dB. Größere Hörverluste sind pathologisch.

3. Spielaudiometrie

Bei der Spielaudiometrie läßt man das Kind auf jeden Schallreiz hin einen bestimmten Spielvorgang ausführen. Es kann z.B. farbige Plättchen in eine Schachtel legen. Bei normaler Intelligenz läßt sich diese Untersuchungsmethode etwa ab dem 2.-3. Lebensjahr anwenden.

4. Schaukasten-(PEEP show) Audiometrie (DIX u. HALLPIKE).

Hört das Kind einen Prüftön, so darf es einen seitlich angebrachten Knopf drücken und auf einer Mattscheibe erscheint nun z.B. ein lustiges Märchenbild.

5. Orientierungsreflexverfahren (SUZUKI, OGIBA, SCHRÖDER, BIESALSKI)

Über eine symmetrisch angeordnete Lautsprecher-Bild-Kombination kann ein Orientierungsreflex eingefahren werden, indem mehrmals zwischen rechts und links wechselnd ein sicher überschwelliger Ton und ein Bild auf derselben Seite angeboten werden. Dann wird das Bild abgeschaltet und man versucht mit abnehmender Lautstärke die Schwelle zu ermitteln.

Die beschriebenen pädoaudiologischen Verfahren können mit Sinustönen, mit Schmalbandrauschen oder vereinfacht mit Kinderliedern durchgeführt werden. Eine weitere Durchführungsmöglichkeit besteht in der verbotonalen Audiometrie.

6. Verbotonale Audiometrie (GUBERINA)

Hier werden Ton- und Sprachaudiometrie miteinander kombiniert. Französische Sprachlaute wurden -je nachdem, welcher Oktave sie formantenmäßig am nächsten standen- einer bestimmten Frequenz zugeordnet. Zusätzlich wurden sie dann einer Siebkettenfilterung unterzogen. Vergleiche mit der Sinustonaudiometrie (Dissert. von V. FLECKENSTEIN, Mainz) zeigten im Schallfeld durchschnittlich einen um 10,84 dB niedrigeren Hörverlust. Bei den Frequenzen 3000, 6000 und 8000 Hz waren einige zusätzliche Werte zu erhalten. Ähnlich lagen die Ver-

hältnisse bei Kopfhörerprüfungen. Nachteilig ist der relativ hohe Aufwand z.B. gegenüber dem Schmalbandgeräusch.

c) Reflexaudiometrie

Der Vorteil dieser Methoden liegt darin, daß der Untersucher nicht auf die Kooperation des Kindes angewiesen ist, wodurch viele Störfaktoren wegfallen. Die Nachteile bestehen entweder im großen Aufwand (z.B. PGHT) oder in der hohen Schwelle (Impedanzmessung, Auropalpebralreflex). Auch ist das Mindestalter der meisten Tests etwa 2 Jahre. Für dieses Alter gibt es schon subjektive Prüfungsmethoden. Viele Reflexe sind beim Säugling noch nicht ausgebildet oder werden überlagert. Jedoch ist, wenn man von der Schwellenaudiometrie absieht, z.B. die Impedanzmessung durchaus wichtig zur Beurteilung von Schalleitungsschäden, besonders auch bei fraglicher kombinierter Schwerhörigkeit.

1. Psychogalvanischer Hautwiderstandstest (PGHT)

Der 1949 von BORDLEY und Mitarb. entwickelte Test beruht darauf, daß sich durch äußere Reize wie Geruch, Licht, Schall, der elektrische Hautwiderstand aufgrund vermehrter Schweißdrüsentätigkeit verringert. Da dieser Reflex erst nach größeren Reizstärken (50-60 dB) auftritt, wird bei der Schwellenaudiometrie ein kurzer, dem Tonreiz folgender Stromstoß als bedingter Reflex zur Bahnung verwendet. Die Widerstandsänderung der Haut wird über eine WHEATSTONE'sche Brücke gemessen. Anwendbarkeit ab dem 2.-3. Lebensjahr.

2. Fingerplethysmographie (KOTTMAYER)

Mit einem Kapselplethysmographen wird die Durchblutungsänderung an der Fingerkuppe registriert. Schalleindrücke, die etwa 5-10 dB über der Schwelle liegen,

führen zu einer kurzdauernden Volumenverminderung. Die Vorteile gegenüber dem PGHT sind wegfallende Reflexbahnung, geringerer Aufwand und größere Zuverlässigkeit.

3. Auropalpebralreflex (FRÖSCHELS, BÉBÉ, HAHLBROCK)
Der Auropalpebralreflex (APR) oder akustische Lidreflex zeigt sich in einer kurzen Schließ- und Öffnungsbewegung beider Augenlider. Unter Schallstärken von 80 dB tritt dieser Reflex nicht auf. Ein negativer Ausfall spricht nicht ganz sicher für eine Schwerhörigkeit oder gar Taubheit.

4. Wecktonschwelle (WEDENBERG)

Bei dieser Untersuchung wurden Säuglinge mit 300Hz und 3000 Hz 5 sek. lang beschallt. Ein normalhörender Säugling erwachte dabei aus tiefem Schlaf bei etwa 75 dB, aus leichtem Schlaf bei 55 dB. APR und Wecktonschwelle sind nur als Screening verwertbar.

5. Audiopneumographie (ROSENAU, PEIPER)

Bei der Schlafbeschallung lassen sich Veränderungen des Atemablaufes (verspätete Einatmung) mit einem Gürtelpneumatographen registrieren, sofern es sich um kurzdauernde Tonreize mit hoher Flankensteilheit handelt. Nach ROSENAU liegt bei normalhörenden Kindern die Schwelle bei 53 - 60 dB.

6. Atemgeräuschrückkopplung (KUMPF)

Bei diesem Verfahren wird durch ein Pegeldiagramm das Atemgeräusch festgehalten. Läßt man die Intensität eines unterschwelligigen Prüfschalles allmählich (nicht über 1 dB pro sek.) zunehmen, so zeigt eine Abschwächung des Atemgeräusches die Hörschwelle an. Bei weiterer Zunahme des Prüfschalles, d.h.

im sicher überschwelligen Bereich, kommt es wieder zur Verstärkung des Atemgeräusches. Die Hörschwelle soll sich auf diese Weise bis auf wenige dB genau bestimmen lassen.

7. Cochleopupillar- und Cochleolaryngealreflex

Auch hierbei handelt es sich um akustisch auslösbare Reflexe, die aber praktisch bedeutungslos sind.

d) Objektive Methoden

1. Impedanzmessung

Sie wird ermöglicht durch den Stapediusreflex, welcher auch bei der Amplitudenmessung benutzt wird. Bei Lautstärken über 80 dB wird das Trommelfell durch den M. stapedius über den Steigbügel stärker gespannt und nimmt so weniger Schallenergie auf, indem es einen Teil reflektiert. Dieser mit steigender Lautstärke zunehmende mechanische Widerstand (Impedanz) kann mittels eines elektrischen Verfahrens registriert werden (KLOCKHOFF u. ANDERSEN).

2. Evoked Responsive Audiometrie (ERA) (DAVIS, KEIDEL) Synonyma: EEG-Audiometrie, Cerebroaudiometrie, akustisch evozierte Potentiale.

Wie aus den Bezeichnungen hervorgeht, handelt es sich um spezifische, durch akustische Reize auslösbare und im EEG nachzuweisende Potentiale. Der Schallreiz wird dem Probanden, der sich in einer elektrisch und akustisch abgeschirmten Kammer befindet, über Kopfhörer zugeführt. Die EEG-Ableitung erfolgt über Elektroden kontralateral zum Prüfohr. Ein Computer dient als Mittelwertbildner. Erst dadurch wird das wegen seiner Kleinheit in der Spontanaktivität des EEG untergehende akustische Potential sichtbar gemacht (ablesbar über Oszillograph und Kurvenschreiber). Dafür sind in der Regel

je nach Intensität und Reizfolgesequenz (etwa 2 bis 5 sek.) 40 bis 100 Mittelungsschritte für jeden Ton nötig. Durch stete Abschwächung der Reizstärke kann direkt die Hörschwelle aufgesucht werden. Die Streubreite beträgt etwa 10 - 15 dB. Da bei unruhigen Kindern das Computer-Audiogramm wegen störender Muskel- und Hirnpotentiale häufig versagt, wurde unter anderem auch in Mainz ein spezielles Artefakt-Ausschaltungssystem entwickelt (LEITNER).

Schon am 4 Wochen alten Säugling kann unter Umständen die EEG-Audiometrie durchgeführt werden. Sie ist das beste objektive Verfahren. Deshalb wird sie jedoch, schon alleine des Aufwandes wegen, nicht die brauchbaren konservativen Methoden ersetzen. Sie wird bei solchen Patienten angewendet, bei denen die bisherigen Methoden versagen oder da, wo sie weitere wichtige diagnostische Aufschlüsse zu liefern vermag.

3. Cochleographie

Hierbei werden ebenfalls über Elektroden Mikrophonpotentiale abgeleitet und mittels Computer bestimmt. Die Ableitung ist peripherer und direkter, jedoch muß hierbei eine Mikroelektrode durchs Trommelfell ans Promontorium herangebracht werden. Dies geht beim Kind nur in Lokalanästhesie bzw. beim Kleinkind in Narkose.

III. APPARATUR UND UNTERSUCHUNGSBEDINGUNGEN

Verwendet wurde der Kindertisch nach BIESALSKI, welcher Spiel-, Orientierungsreflex - und Schaukasten-Audiometrie sowohl im freien Schallfeld als auch mit Kopfhörer ermöglicht (entwickelt in Zusammenarbeit mit der Firma Phonak, Sapper u. Co., Stuttgart).

Der Prüfer sitzt an seinem Arbeitstisch dem Kind gegenüber. Eine halbdurchsichtige Scheibe zwischen den Tischen sorgt dafür, daß zwar das Kind beobachtet werden kann, jedoch umgekehrt der Untersucher den Blicken des Kindes entzogen ist, welches dadurch weniger abgelenkt wird.

Der Arbeitstisch enthält ein Audiometer (Elit 815), ein Tonbandgerät (Revox), ein Mikrofon und eine Tastatur für die verschiedenen Audiometrierverfahren, für den Bildwechsel im Schaukasten und für die Eichung jeder Frequenz im freien Schallfeld. Durch diese Eichung wurde der unterschiedlichen Charakteristik von Kopfhörer und Lautsprecher Rechnung getragen. Störende Faktoren seitens des Raumes waren weitgehend ausgeschaltet. Für die Eichung wurde ein künstliches Ohr benutzt. Die Anlage wird regelmäßig überprüft. Der Kindertisch ist nur über Steckkontakte mit dieser Arbeitsanlage verbunden und kann daher an jedes andere Audiometer angeschlossen werden.

Als Aufzeichnungsschema wurde das Atlas-Audiogramm verwendet, das eine Hörverlustdarstellung in rel. dB aufweist und getrennte Felder für rechtes und linkes Ohr besitzt.

Das Untersuchungszimmer war ein normaler Klinikarbeitsraum der Klinik für Kommunikationsstörungen im 8. Obergeschoß. (Günstige Entfernung vom Verkehrslärm). Decke und Wände waren mit serienmäßigen

schalldämpfenden Platten versehen. Ebenso war die Tür mit isolierendem Material armiert. Vor die Doppelfenster der Außenwand konnten bis zum Fußboden reichende Vorhänge gezogen werden. Der Fußboden selbst war mit einem Teppichbelag versehen. Unter diesen Bedingungen lag der Nebengeräuschpegel unter 25 dB und war daher für die Untersuchungen an schwerhörigen Kindern belanglos. Stehende Wellen waren bei der Eichung ausgeschlossen worden.

Die am Kindertisch möglichen audiometrischen Verfahren wurden nicht streng getrennt gehandhabt, sondern meist kombiniert je nach Reaktion und Verhalten des Kindes. Es galt vor allem, dessen Interesse am Untersuchungsvorgang durch ausreichende Motivation wachzuhalten und die Furcht davor zu nehmen. Verträumte Kinder konnten oft durch Übergang von der Orientierungsreflex- auf die Schaukastenaudiometrie oder auch durch einen stark überschwelligen Ton zu weiterer Mitarbeit aufgemuntert werden. Da erfahrungsgemäß Kinder schnell ermüden, war es besser, eine Untersuchung zügig und ohne zu häufige Wiederholung eines Prüftones durchzuführen. Falls nötig, wurden später in einer zweiten Sitzung die Ergebnisse kontrolliert. Bei der Beschallung mußte auf unterschiedliche Zeitintervalle zwischen den einzelnen Tönen geachtet werden, da viele Kinder, sei es aus Gewöhnung, sei es, um dem Prüfer einen Gefallen zu erweisen, sonst scheinbare Hörreaktionen zeigten. Oft sind es ja Geringfügigkeiten, die im Umgang mit Kleinkindern eine Rolle spielen. Hier sei ein Beispiel genannt: Wenn beim Steinchenlegen ein Kind plötzlich die Kooperation beendete, so lag dies sehr häufig daran, daß die Steinchen mit der Lieblingsfarbe aufgebraucht waren. Erfahrung ist bei der Kinderaudiometrie entscheidend. Außer liebevoller Motivation kommt es auf ständige

Beobachtung der kindlichen Reaktionen an. So zeigt z.B. auch Innehalten bei spielerischer Tätigkeit oder eine Kopfwendung eine Hörreaktion an. Bei ängstlichen Kindern ist die Anwesenheit der Mutter sehr nützlich.

Was die Stellung im Schallfeld anbelangt, so wurde genau darauf geachtet, daß sich der Kopf des Probanden in der Mitte zwischen den Lautsprechern und auch auf gleicher Höhe mit ihnen befand. Der neuere Kindertisch hat daher, um die Einstellung zu erleichtern, vorn eine Auskehlung für den Oberkörper des Kindes.

Der Kopfhörer war gepolstert und beiderseits mit einem schallisolierenden Gummiwulst versehen. Dieser Wulst mußte die ganze Ohrmuschel umgreifen. Ein auch nur geringfügig verschobener Sitz z.B. durch stärkere Kopfbewegungen konnte bereits zu einer Schwellen-anhebung um 15 dB führen, was sich durch Kontrolluntersuchungen an Erwachsenen bestätigen ließ. Einen straff sitzenden Bügel jedoch empfanden die Kinder schon nach kurzer Zeit als unangenehm und kooperierten nicht mehr.

Die Töne wurden überschwellig angeboten und in 5 dB-Schritten bis hin zur Hörschwelle reduziert.

Den audiometrischen Tests waren bei sämtlichen Kindern psychologische und otologische Untersuchungen (einschl. Vestibularisprüfung) vorausgegangen. Kinder mit progredienter Schwerhörigkeit, umfassenderen cerebralen Schäden und solche, die einen operativen Eingriff durchgemacht hatten, wurden ausgeschieden. Die psychologischen Untersuchungen wurden von dem Diplom-Psychologen der Klinik für Kommunikationsstörung durchgeführt. Dabei wurde der Intelligenzquotient mit Hilfe sprachfreier Tests nach SNIJDERS-OOMEN und MERILL-PALMER (modifiziert) bestimmt. Trotz dieser "sprachfreien" Tests liegt der durch-

schnittliche IQ bei Schwerhörigen etwas unter 100, was aber nicht als Mangel an intellektuellen Fähigkeiten, sondern als Folge der Sprachhemmung bei dem nicht explizit sprachlichen Denken anzusehen ist. Bei den Untersuchungen wurde - abgesehen vom Vergleichstest mit retardierten Kindern - ein IQ von 90 als untere Grenze und ein Entwicklungsrückstand von höchstens 3 bis 6 Monaten je nach Ausgangsalter akzeptiert. Kinder mit psychogener Schwerhörigkeit und mit stärkeren Verhaltensstörungen wurden nicht zu den Tests herangezogen. Gerade Verhaltensstörungen können einen Prüfungsvorgang unter Umständen erheblich beeinträchtigen.

Diese strenge Auswahl bei insgesamt 5 völlig verschiedenen Untersuchungsgruppen verringerte die Anzahl der Probanden beträchtlich, da z.B. stärkere Retardierung und Verhaltensstörungen bei Schwerhörigen sehr häufig sind.

IV. UNTERSUCHUNGEN

a) Erläuterungen zu den Tabellen und statistischen Formeln

Zu den Tabellen:

MW	Mittelwert
R_{xy}	Korrelationskoeffizient
FG	Freiheitsgrade
P_{Rxy}	Korrelation (Irrtumswahrscheinlichkeit in %)
K.S.	Keine Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit größer als 5%)
t_{PD}	t-Koeffizient für Paar-Differenzen
P_t	Wahrscheinlichkeit für t_{PD}
a	Regressionskoeffizient
b	Abschnitt auf der y-Achse

Zu den Formeln:

N	Anzahl der Meßwerte
x_i	i-ter Meßwert der Stichprobe 1
y_i	i-ter Meßwert der Stichprobe 2
$\bar{x}$	Mittelwert von N Meßwerten der Stichprobe 1
$\bar{y}$	Mittelwert von N Meßwerten der Stichprobe 2
N	Summation über alle Meßwerte
$i=1$	
σ	(sigma) Standardabweichung
S	geschätzte Standardabweichung
Z'	Korrelationsziffer

Verwendete Formeln

1. Mittelwert von N Meßwerten $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$

2. Standardabweichung $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$

3. Geschätzte Standardabweichung
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

wenn von einer Stichprobe auf die Standardabweichung einer Gesamtpopulation geschlossen wird.
4. Korrelationskoeffizient
$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N \cdot S_x \cdot S_y}$$
5. Stichprobenfehler der Differenz zweier Mittelwerte
$$G_{\bar{x}-\bar{y}} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}{N(N-1)}$$
6. t-Test für Paar-Differenzen
$$t_{PD} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{G_{\bar{x}-\bar{y}}}$$
7. Regressionsgerade
$$y = ax + b$$
- a) Regressionskoeffizient (Steigung der Geraden)
$$a = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$
- b) Achsenabschnitt auf der y-Achse
$$b = \bar{y} - ax$$
8. Transformation zur Normalisierung von Korrelationswerten
$$Z' = \frac{1}{2} \ln \cdot \frac{1 + R_{xy}}{1 - R_{xy}}$$
9. Stichprobenfehler der Korrelationsziffer
$$G_z = \frac{1}{\sqrt{N-3}}$$
10. Stichprobenfehler der Differenz zweier Stichprobenkorrelationen
$$G_{z_1' - z_2'} = \sqrt{\frac{1}{N_1-3} + \frac{1}{N_2-3}}$$

b) Statistische Auswertung und Ergebnisse

1. Vergleich Freies Schallfeld -Kopfhörer im gleichen Zeitraum.

Zuerst einmal ging es darum festzustellen, ob Kopfhörer- und Schallfelddaudiogramme miteinander korrelieren und somit weitere vergleichende Untersuchungen sinnvoll waren. Hierfür wurde eine Gruppe von 5-6 jährigen schwerhörigen Kindern, bei denen bereits mit Kopfhörern gearbeitet werden konnte, innerhalb eines Zeitraumes von höchstens 2 Tagen mit beiden Verfahren untersucht. Verwendet wurden Sinustöne mit den Frequenzen 500, 1000 und 2000 Hz. Da diese Kinder schon öfters audiometriert worden waren, war ihnen die Untersuchung ein bekannter Vorgang, so daß zwischen erstem und zweitem Audiogramm des Vergleichstests ein Lerneffekt ausgeschlossen blieb. Bei diesem Basisvergleichstest wurde hinsichtlich der Eignung der Probanden eine besonders strenge Auswahl getroffen, um unwägbare Faktoren auszuschalten. Abgesehen von verhaltensgestörten Kindern wurden auch solche, die durch Erkältung oder Übermüdung indisponiert waren, von der Untersuchung ausgeschlossen.

Tabelle 1

Freies Schallfeld - Kopfhörer zeitgleich

FREQUENZ (Hz)	METHODE K=Freifeld y=Kopfhörer	MITTELWERT	KORRELATION			REGRES- SION		t-TEST		
			R _{xy}	FG N-2	P _{Rxy}	a	b	t _{PD}	FG N-1	P _t
512	x	69,8								
	y	63,8	0,91	20	0,537 <1%	0,96	3,1	0	21	K.S.
1024	x	80,5								
	y	78,4	0,88	20	0,537 <1%	0,94	6,5	-1,1	21	K.S.
2048	x	81,8								
	y	78,9	0,86	17	0,575 <1%	0,98	4,1	-1,5	18	K.S.
zeitgleich										

Auswertung: Bei N-2 = 20 Freiheitsgraden hat ein Korrelationskoeffizient von 0,54 eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1%. Für alle drei Frequenzen hat der Koeffizient R_{xy} einen Wert der weit höher liegt, nämlich 0,91, 0,88 und 0,86. Es besteht also eine sehr signifikante Korrelation zwischen Kopfhörer und Freifeld (weniger als 1% Irrtumswahrscheinlichkeit).

Trägt man die im Kopfhöreraudiogramm gemessenen Werte auf der X-Achse und die Werte des freien Schallfeldes

auf der Y-Achse ab und legt eine Regressionsgerade der Form $y = ax + b$ (s. Schaubild) durch die Schnittpunkte dieser Meßwerte, dann ergeben sich für die verschiedenen Frequenzen die in der Tabelle angeführten Werte für a und b.

Angesichts der hohen Korrelation zwischen beiden Untersuchungen, darf der t-Test für Paar-Differenzen durchgeführt werden nach der Formel 6 (s. Erläuterungen). Aus dem t-Test geht hervor, daß sich zwischen den beiden Methoden bezüglich der Mittelwerte (x u. y) keine signifikante Abweichung nachweisen läßt (s. Tab. 1 unter t_{PD} und P_t), mithin beide Methoden als gleichwertig anzusehen sind, da im Mittel gleiche Werte gemessen werden.

Ergebnis: Zwischen Kopfhörer und Freifeld, welche im gleichen Zeitraum durchgeführt wurden, besteht eine sehr signifikante Korrelation. Die Mittelwerte zeigen keine signifikante Abweichung voneinander. Beide Methoden sind deshalb als gleichwertig anzusehen.

2. Vergleich eines ersten freien Schallfeldes mit dem ersten möglichen Kopfhöreraudiogramm.

Entsprechend der Situation, in der sich der Prüfer befindet, wenn er noch nicht mit dem Kopfhörer arbeiten kann, wurde die erste Schallfeldmessung mit dem später erfolgten ersten brauchbaren Kopfhöreraudiogramm verglichen. Das erste Schallfeld konnte Jahre zurückliegen. Um eine etwa mit größerem Zeitabstand sinkende Korrelation herauszufinden, wurde noch einmal in Abständen von 1, 2 und 3 Jahren unterteilt. 9 Monate wurden noch zu einem Jahr aufgerundet. Kürzere Zeiten wurden nicht verwendet. Beim Abstand von 3 Jahren zeigte

Tabelle 2

Erstes Freifeld - erstes Kopfhöreraudiogramm

FREQUENZ (Hz)	METHODE x=Freifeld y=Kopfhörer	MITTELWERT	KORRELATION			REGRES- SION		t-Test		
			Rxy	FG N-2	P Rxy	a	b	t _{PD}	FG N-1	P _t
512	x	83,3	0,61	7	K.S.	0,50	43,2	-0,806	8	K.S.
	y	80,6								
1024	x	90,0	0,67	7	<5%	0,51	46,1	-0,885	8	K.S.
	y	86,1								
2048	x	95,0	0,53	6	K.S.	0,30	68,4	-0,798	7	K.S.
	y	90,0								
Zeitabstand 2 Jahre										

Auswertung: Die Messungen zwischen erstem freiem Schall- und erstem Kopfhöreraudiogramm zeigen eine hohe Korrelation. Bei $N-2 = 13$ Freiheitsgraden muß für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% der Korrelationskoeffizient R_{xy} 0,641 betragen, bei 12 Freiheitsgraden 0,661. Die hier ermittelten Koeffizienten liegen jeweils deutlich darüber. Folglich ist die Irrtumswahrscheinlichkeit P_{Rxy} kleiner als 1%.

Beträgt der Zeitabstand 2 Jahre, so besteht Korrelation bei 1024 Hz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Trotz relativ guter Übereinstimmung kam es zu keiner ausreichenden Korrelation bei 512 Hz. Die Ursache liegt darin, daß bei der Aufteilung in verschiedene zeitliche Abstände für die Gruppe 2 zu wenig Fälle übrigblieben, nachdem ohnehin schon eine strenge Auslese stattgefunden hatte. Außerdem fanden sich hier viele hochgradig Schwerhörige mit ähnlich hohen Hörverlusten.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, daß das erste Audiogramm im freien Schallfeld mit dem ersten 1 Jahr danach möglichen Kopfhöreraudiogramm sehr gut korreliert, aber auch bei größerem zeitlichen Abstand noch Korrelation zu erwarten ist.

Der t-Test zeigt, daß für die Frequenzen 1024 Hz und 2048 Hz die Mittelwerte im Kopfhöreraudiogramm bei 1-jährigem Zeitabstand mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5% um 5-6 dB kleiner sind, d.h., es ist mit um 5-6 dB niedriger liegenden Schwellenwerten zu rechnen. Bei 512 Hz besteht kein signifikanter Unterschied der Mittelwerte. Beim Zeitabstand von 2 Jahren ist diese Verschiebung wegen zu geringer Fallzahl nicht mehr nachweisbar.

Ergebnis: Zwischen erstem freiem Schallfeld und erstem Kopfhöreraudiogramm besteht auch nach zeitlichem Abstand von 1 Jahr hohe Korrelation. Bei 2 Frequenzen (1024 und 2048 Hz) kann man beim Kopfhöreraudiogramm mit einer im Mittel um 5 - 6 dB niedrigeren Schwelle rechnen. Bei zeitlichem Abstand von 2 Jahren konnte - aus den oben erwähnten Gründen - nur bei 1024 Hz signifikante Korrelation nachgewiesen werden.

3. Vergleich eines letzten freien Schallfeldes mit dem ersten Kopfhöreraudiogramm

Unter Aufteilung in Abstände von 1 und 2 Jahren wurde das letzte Audiogramm einer Reihe von Schallfeldmessungen mit dem ersten brauchbaren Kopfhöreraudiogramm verglichen, um festzustellen, ob durch mehrere vorausgegangene Schallfeldtests ein gewisser Lerneffekt die Korrelation gegenüber Vergleichsuntersuchung Nr. 2 verbessert.

Tabelle 3

Letztes Freifeld - erstes Kopfhöreraudiogramm

FREQUENZ (Hz)	METHODE x=Freifeld y=Kopfhörer	MITTELWERT	KORRELATION			REGRES- SION		t-Test		
			Rxy	FG N-2	P _{Rxy}	a	b	t _{PD}	FG N-1	P _t
512	x	83,0	0,78	8	< 1%	1,22	-16,8	0,550	9	K.S.
	y	81,5								
1024	x	92,0	0,82	8	< 1%	0,86	16,0	1,922	9	K.S.
	y	88,0								
2048	x	94,0	0,78	8	< 1%	0,55	41,8	0,190	9	K.S.
	y	94,5								
Zeitabstand 2 Jahre										

Auswertung: Es besteht in allen Frequenzen bei 1 und 2 Jahren Abstand zwischen freiem Schallfeld und Kopfhöreruntersuchung sehr hohe Korrelation. Für 1% Irrtumswahrscheinlichkeit wird bei 13 Freiheitsgraden ein Korrelationskoeffizient von 0,641, bei 12 FG von 0,661 und bei 8 FG von 0,765 benötigt. Sämtliche Koeffizienten sind größer, also ist die Irrtumswahrscheinlichkeit P_{Rxy} sowohl bei 1-jährigem als auch bei 2-jährigem zeitlichem Abstand unter 1%, d.h. die Signifikanz über 99%.

Der t-Test zeigt, daß sich die Mittelwerte von Kopfhörer und freiem Schallfeld nicht signifikant voneinander unterscheiden. Man erhält im Mittel bei beiden Untersuchungen dieselben Werte. Diesmal ist also im t-Test beim Kopfhöreraudiogramm eine signifikant niedrigere Schwelle gegenüber dem vorher erfolgten freien Schallfeld nicht mehr nachweisbar. Ein geringer Lerneffekt könnte bei 1-jährigem Zeitabstand eine Rolle gespielt haben, da hier die Freifeldmittelwerte gegenüber dem Vergleich 2 etwas niedriger liegen. Die übrigen Ergebnisse von Vergleich 2 werden bestätigt und die Vermutung, daß auch bei einem Abstand von 2 Jahren für alle drei Frequenzen Korrelation zu erwarten ist, wird hier statistisch gesichert.

Ergebnis: Zwischen letztem Freifeld- und erstem Kopfhöreraudiogramm besteht sehr hohe Korrelation, auch wenn diese beiden Untersuchungen ein Jahr und zwei Jahre auseinanderliegen. Der t-Test zeigt, daß man im Mittel auch dieselben Werte erhält. Das heißt, es ist z.B. beim Kopfhörer keine niedrigere Schwelle zu erwarten.

4. Vergleich von zwei Kopfhöreraudiogrammen

Hier wurden Kopfhöreraudiogramme, die 1 Jahr auseinanderlagen, miteinander verglichen. Es sollte festgestellt werden, ob zwischen äquaten Methoden die Streuung wesentlich geringer ist als bei Vergleichsuntersuchung 2 und 3.

Tabelle 4

Kopfhöreraudiogramm 1 - Kopfhöreraudiogramm 2

FREQUENZ (Hz)	METHODE x=Freifeld y=Kopfhörer	MITTELWERT	KORRELATION			REGRES- SION		t-Test		
			Rxy	FG N-2	P _{Rxy}	a	b	t _{PD}	FG N-1	P _t
512	x	68,5	0,88	15	<1%	0,93	3,9	0,614	16	k.S.
	y	69,4								
1024	x	78,5	0,88	15	<1%	1,01	0,6	0,808	16	k.S.
	y	77,4								
2048	x	82,1	0,82	15	<1%	0,94	10,0	2,562	16	<5%
	y	76,5								
Zeitabstand 1 Jahr										

Auswertung: Erwartungsgemäß besteht zwischen zwei Kopfhöreruntersuchungen am selben Kind noch hohe Korrelation bei einem zeitlichen Abstand von einem Jahr, falls jeweils die gleichen Bedingungen bestanden haben. Beim vorliegenden Vergleich korrelieren die Werte mit einer Wahrscheinlichkeit von über 99% (Irrtumswahrscheinlichkeit P_{Rxy} 1%, also sehr signifikant).

Mögliche Ursache, daß für 2048 Hz die Mittelwerte der ersten Untersuchung niedriger liegen, wäre eine Abnahme der Hörempfindlichkeit für höhere Töne innerhalb eines Jahres. Jedoch müßten für eine genauere Aussage auch Frequenzen von über 2048 Hz in die statistischen Untersuchungen einbezogen werden.

Ergebnis: Erwartungsgemäß besteht zwischen zwei Kopfhöreruntersuchungen im Zeitabstand von 1 Jahr sehr hohe Korrelation. Im t-Test zeigt sich lediglich für 2048 Hz ein um 5,6 dB höherer Mittelwert bei der zweiten Untersuchung. Gegenüber dem Vergleich 1 (Freifeld - Kopfhörer zeitgleich) ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede.

5. Vergleich der Korrelationskoeffizienten von Untersuchung 3 und 4 (Prüfung auf signifikante Abweichung)
Hierbei handelt es sich um eine rein statistische Auswertung, basierend auf der Vergleichsuntersuchung 3 und 4, mit der Frage, ob die Reproduzierbarkeit zwischen freiem Schallfeld und Kopfhörer und zwischen zwei Kopfhöreruntersuchungen gleichgut ist.

Tabelle 5

Korrelationskoeffizient von Unters. 3 - Korrelationskoeffizient von Unters. 4

FREQUENZ (Hz)	KORRELATIONS- KOEFFIZIENT		KORRELA- TIONS- ZIFFERN	STICH- PROBEN- FEHLER der DIF- FERENZ	t-Test		
	Unters.						
	4	Rxy ₁	Z' ₁	$\sqrt{Z'_1 - Z'_2}$	t	FG N-3	P _t
512	3	Rxy ₂	Z' ₂				
	4	0,88	1,376	0,393	0,478	26	K.S.
	3	0,83	1,188				
1024	4	0,88	1,376	0,393	0,842	26	K.S.
	3	0,78	1,045				
2048	4	0,82	1,157	0,403	0,514	25	K.S.
	3	0,74	0,950				

Auswertung:

Bei Untersuchung 3 (letztes freies Schallfeld - erstes Kopfhöreraudiogramm nach 1 Jahr)
und Untersuchung 4 (erstes und zweites Kopfhöreraudiogramm im Abstand von 1 Jahr)

ergeben sich hohe Korrelationen. Korrelationskoeffizienten haben keine Normalverteilung, welche bei der Signifikanzprüfung nötig ist, weshalb sie erst durch eine Transformation normalisiert werden müssen (s. Formel 8). Die Z-Werte einer großen Zahl von Stichproben verteilen sich annähernd normal, gleichgültig wie groß die Korrelation ist.

Die zugehörigen Z-Werte sind in Tab. 5 aufgeführt. Die Differenz der Mittelwerte $Z-Z'$ wird durch den Stichprobenfehler der Differenz dividiert (s. Formel 9 u.10). Die entsprechenden t-Werte stehen in Tab. 5. In allen Frequenzen läßt sich in der vorliegenden Anzahl der Probanden kein signifikanter Unterschied zwischen den Korrelationen erkennen. Die Reproduzierbarkeit beider Methoden ist also gleichgut.

Ergebnis: Die Vergleiche von freiem Schallfeld und Kopfhöreruntersuchung sowie von zwei kopfhöreruntersuchungen jeweils im Zeitabstand von 1 Jahr ergeben eine sehr hohe Korrelation. Die Korrelationskoeffizienten dieser beiden Untersuchungen weichen nicht signifikant voneinander ab. Die Reproduzierbarkeit einer Untersuchung im freien Schallfeld ist genau so gut als wäre sie mit Kopfhörer erfolgt.

6. Vergleich Kinderlieder - Sinustöne beim geistig normal entwickelten Kind.

Kinder reagieren auf Kinderlieder oft besser als auf reine Sinustöne. Scheint es daher einmal vorteilhaft, sich der Kinderlieder zu bedienen, so sind diese in der Bewertung etwa einem Sinuston von 1000 Hz gleichzusetzen. Diese Erfahrung wurde mit Sinusfrequenzen von 500, 1000 und 2000 Hz nachgeprüft. Was oben als "bessere Reaktion" bezeichnet wird, kann bei dieser statistischen Auswertung nicht berücksichtigt werden, da hiermit die Reaktionsbereitschaft und nicht eine niedrigere Schwelle gemeint ist. D.h., daß manche Kinder auf Sinustöne gar nicht oder unzureichend reagieren, während mit Liedern, welche das Interesse eher wecken, noch brauchbare Antworten zu erhalten sind. Für die statistische Auswertung

untersucht werden konnten nur die Kinder, welche auf Sinustöne und Kinderlieder gleichermaßen reagierten.

Tabelle 6

Kinderlieder - Sinustöne normales Kind

	FREQUENZ (Hz)	MITTELWERTE	KORRELATION			REGRESSION		t-Test		
			R _{xy}	FG N-2	P _{Rxy}	a	b	t _{PD}	FG N-2	P _t
KINDER- LIEDER		47,6								
SINUSTÖNE	512	41,3	0,82	32	< 1%	0,91	9,9	-2919	33	< 1%
	1024	46,3	0,89	32	< 1%	0,91	5,7	-0794	33	K.S.
	2048	49,0	0,84	32	< 1%	0,74	11,4	0,572	33	K.S.
Normales Kind										

7. Vergleich Sinustöne - Kinderlieder beim retardierten Kleinkind

Hier wurden wie bei Untersuchung 6 Kinderlieder mit Sinustönen der Frequenzen 500, 1000 und 2000 Hz verglichen, jedoch bei Kindern mit einem IQ von 70 bis 89 (sprachfrei). Gerade retardierte Kinder sind bei Kinderliedern eher zu einer Reaktion bereit.

Tabelle 7

Kinderlieder - Sinustöne retardiertes Kind

	FREQUENZ (Hz)	MITTELWERTE	KORRELATION			REGRESSION		t-Test		
			R _{xy}	FG N-2	P _{Rxy}	a	b	T _{PD}	FG N-1	P _t
KINDER- LIEDER		39,0								
SINUSTÖNE	512	37,1	0,92	19	<1%	0,95	3,8	-1896	20	K.S.
	1024	43,3	0,92	19	<1%	0,89	0,5	3,697	20	<1%
	2048	43,8	0,87	19	<1%	0,88	0,6	2,682	20	<2%
Retardiertes Kind										

Untersuchung 6 und 7 wurde im freien Schallfeld durchgeführt. Die Untersuchungen dienten neben der Nachprüfung der dem Kinderlied diagnostisch entsprechenden Sinusfrequenz dem Nachweis, daß Kinderlieder auch für retardierte Kleinkinder eine sehr gute Screeningmöglichkeit für eine Frequenz bieten.

Auswertung: Sowohl beim geistig normal entwickelten als auch beim retardierten Kind ist der Korrelationskoeffizient R_{xy} größer als 0,8, was eine Irrtumswahrscheinlichkeit P_{Rxy} von weniger als 1% bedeutet.

Beim normalen Kind liegt die Hörschwelle für die Frequenz 512 Hz beim Sinuston um 6,3 dB niedriger als bei Kinderliedern. Der t-Test weist diesen Unterschied als signifikant aus. Bei den Frequenzen 1000 Hz und 2000 Hz weichen die Mittelwerte für Sinustöne und Kinderlieder kaum voneinander ab, und auch der t-Test zeigt hier keine signifikante dB-Differenz. Am größten ist die Korrelation bei 1000 Hz ($R_{xy}=0,89$).

Das retardierte Kind hört Kinderlieder gegenüber Sinustönen von 1000 und 2000 Hz etwas besser (Schwelle um 4,3 und 4,8 dB niedriger). Der t-Test zeigt, daß diese Differenz nicht zufällig ist. Bei 512 Hz liegt die Schwelle für Sinustöne im Mittel niedriger, jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant. Die relativ größte Korrelation besteht bei 512 und 1000 Hz. Allerdings spielen diese Unterschiede, da in 5 dB-Stufen gemessen wird, kaum eine Rolle.

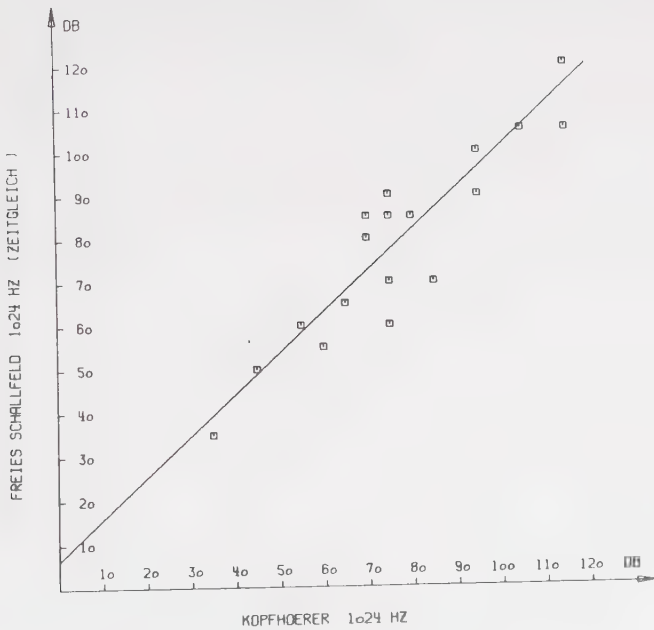
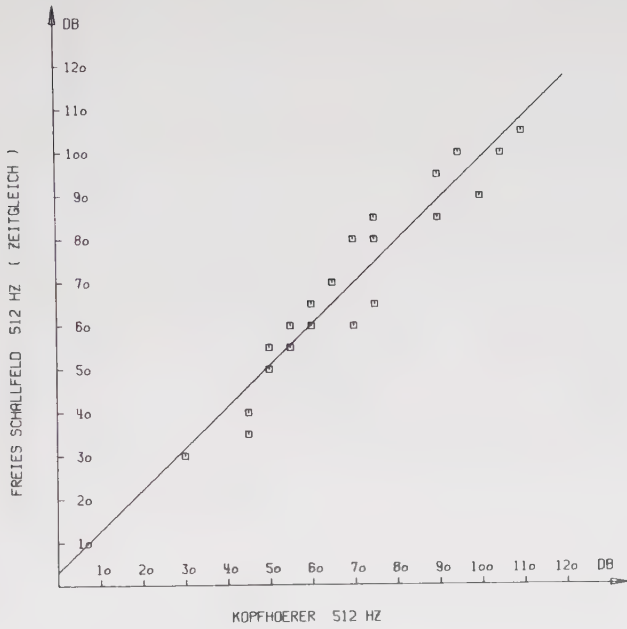
Wichtig ist hierbei, daß auch vom retardierten Kind gute Angaben gemacht werden und die Kinderlieder mit Sinusfrequenzen um 1000 Hz hoch korrelieren (Signifikanz über 99%).

Ergebnis: Sowohl beim geistig normal entwickelten wie beim retardierten Kind zeigt sich sehr hohe Korrelation zwischen Kinderlied und 500 - 2000 Hz Sinuston, wobei der Korrelationskoeffizient für 1000 Hz relativ am höchsten ist.

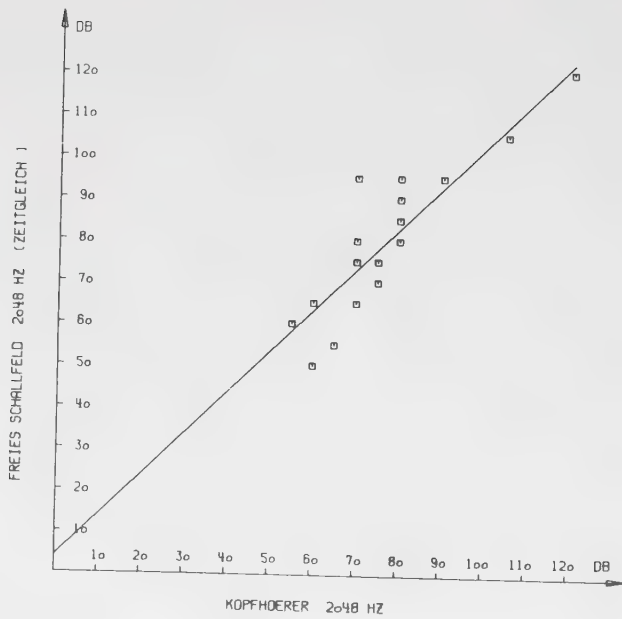
IV. c) Regressionslinien (Schaubilder)

S. 23-48

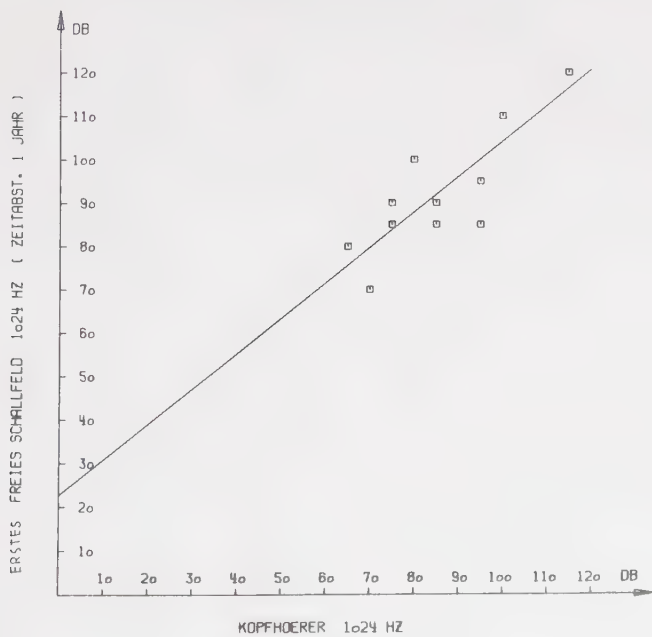
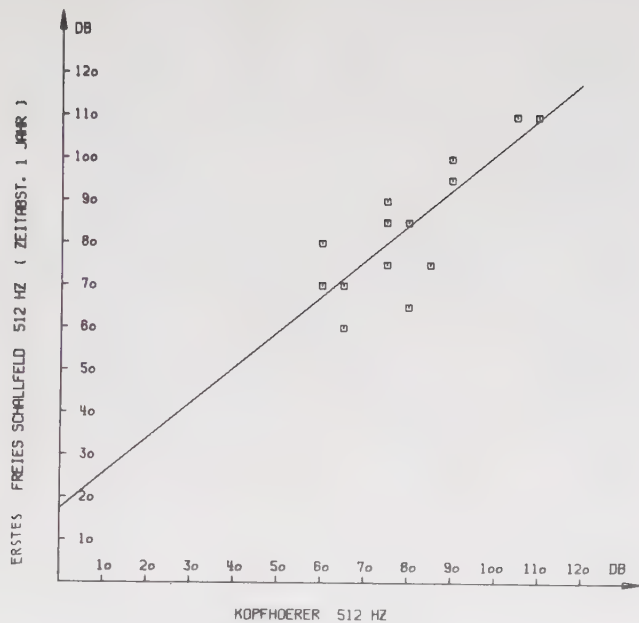
Zu Tabelle 1



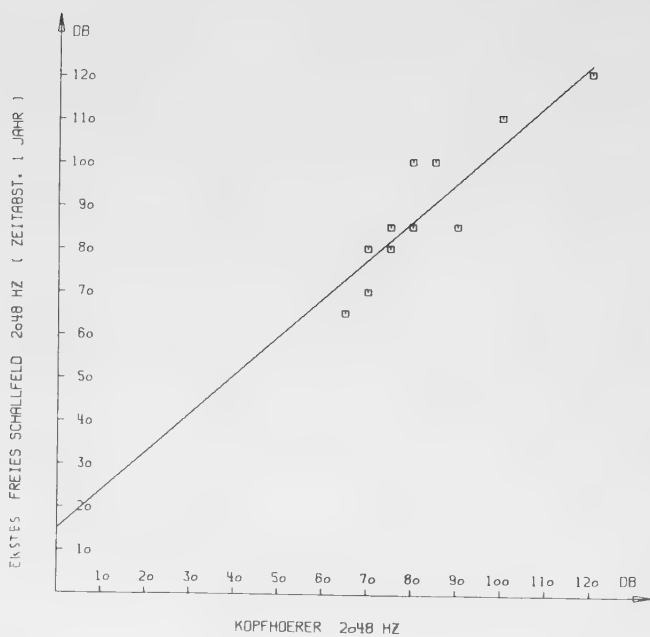
Zu Tabelle 1

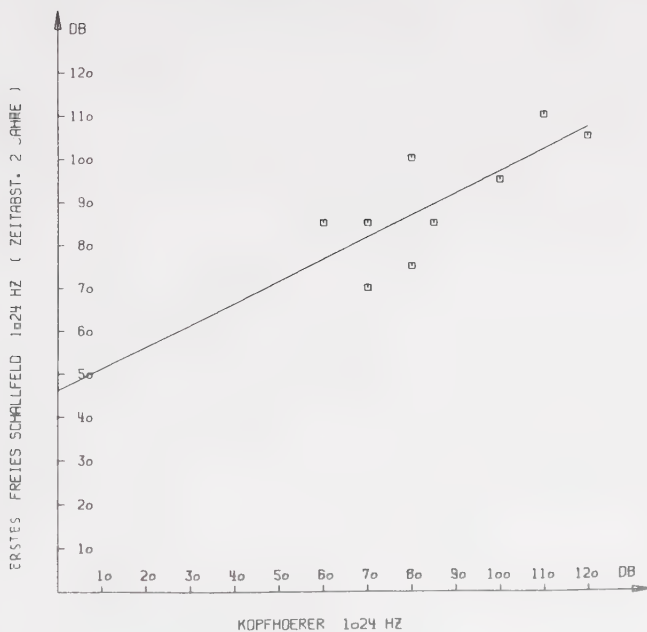
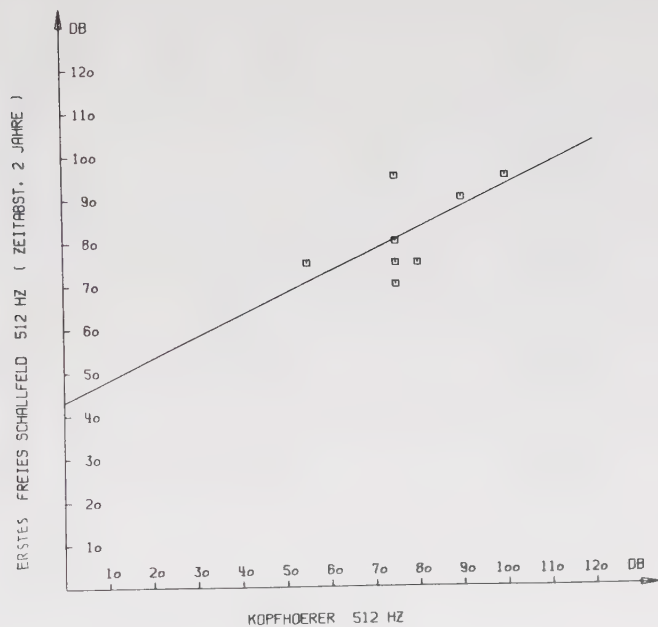


Zu Tabelle 2

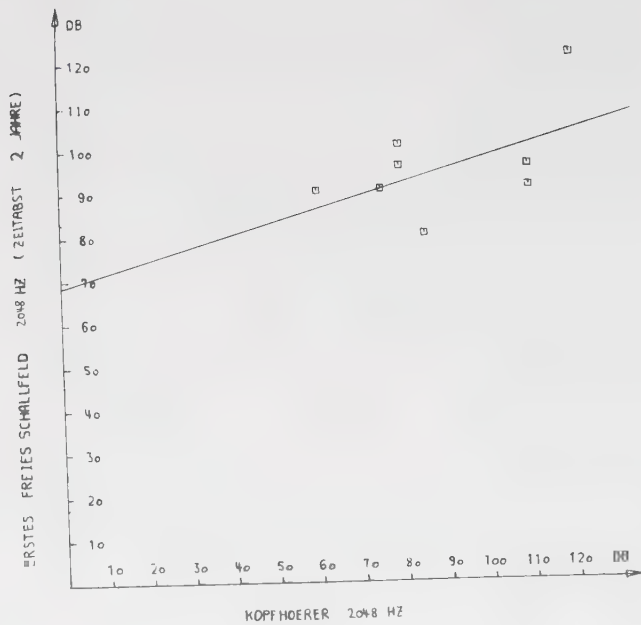


Zu Tabelle 2

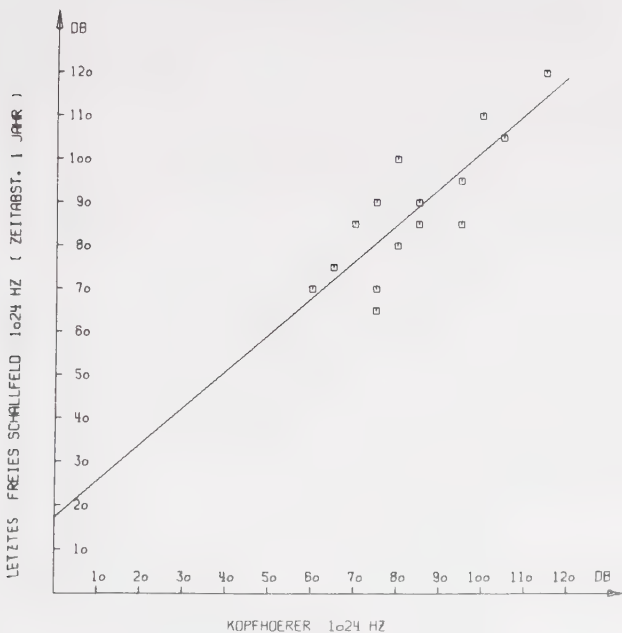
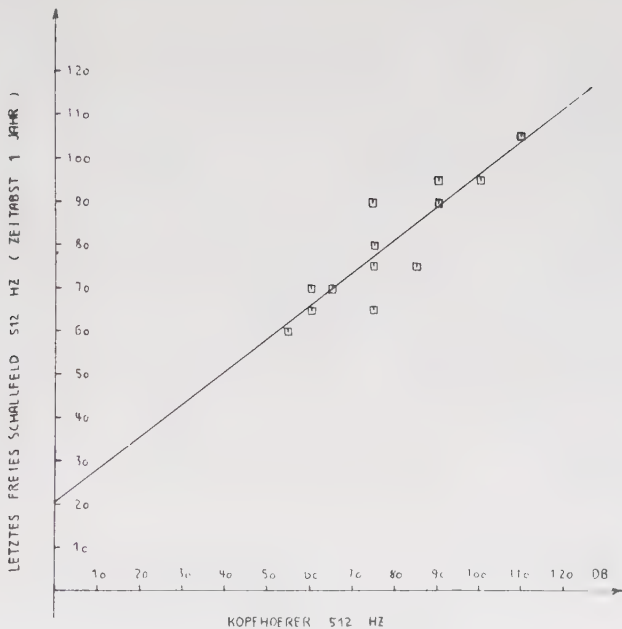




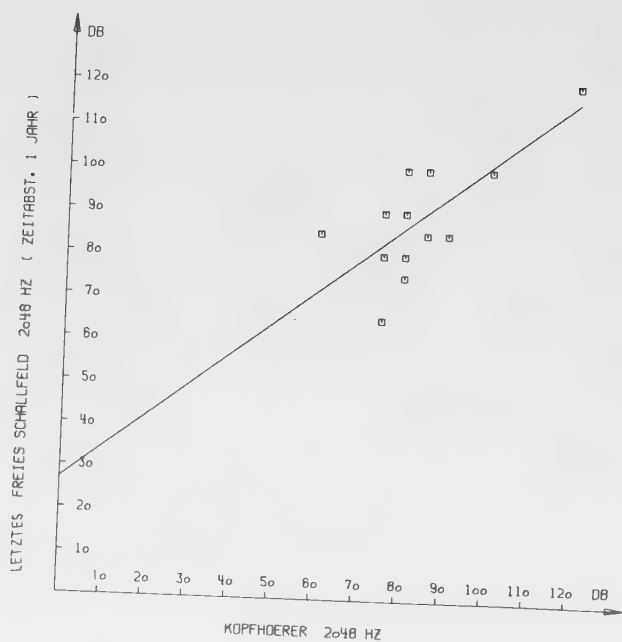
Zu Tabelle 2



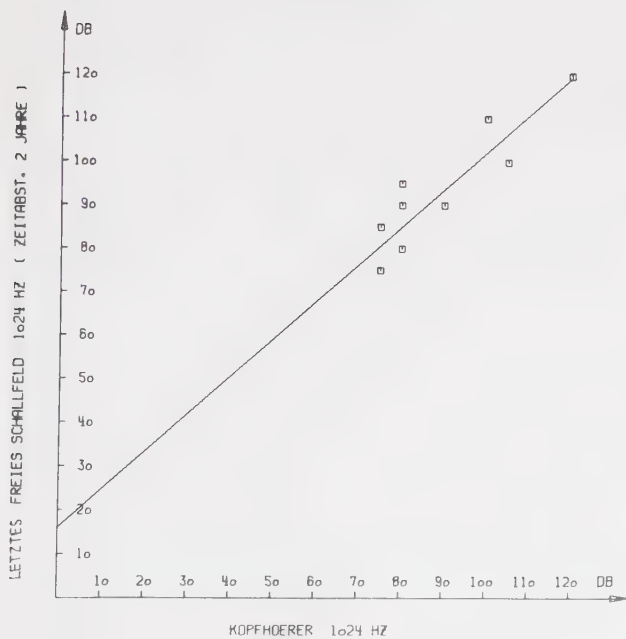
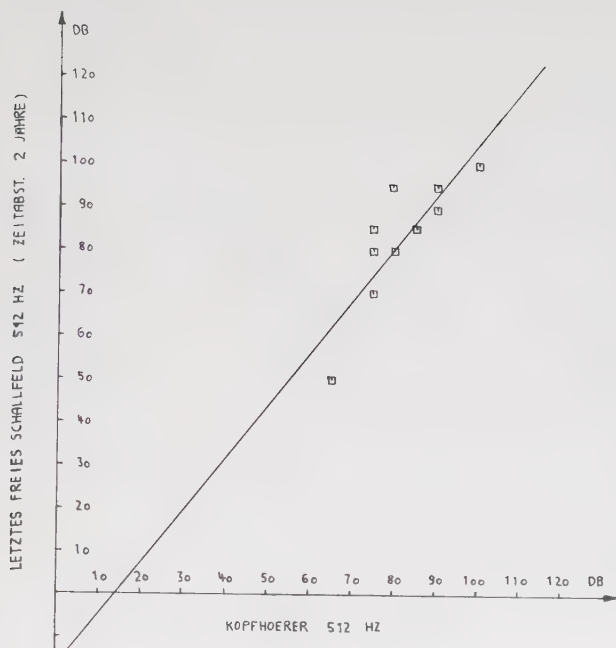
Zu Tabelle 3



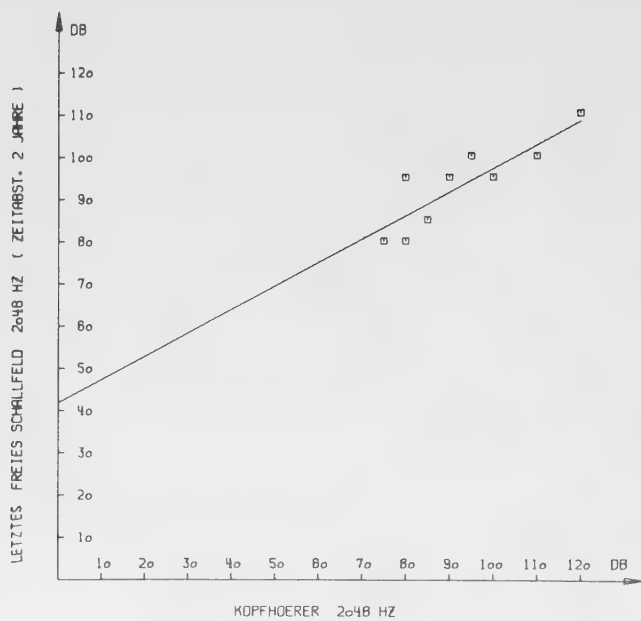
Zu Tabelle 3



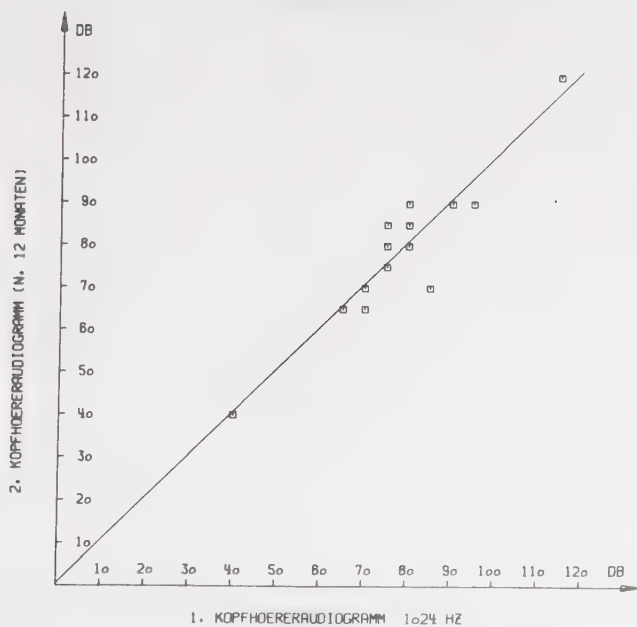
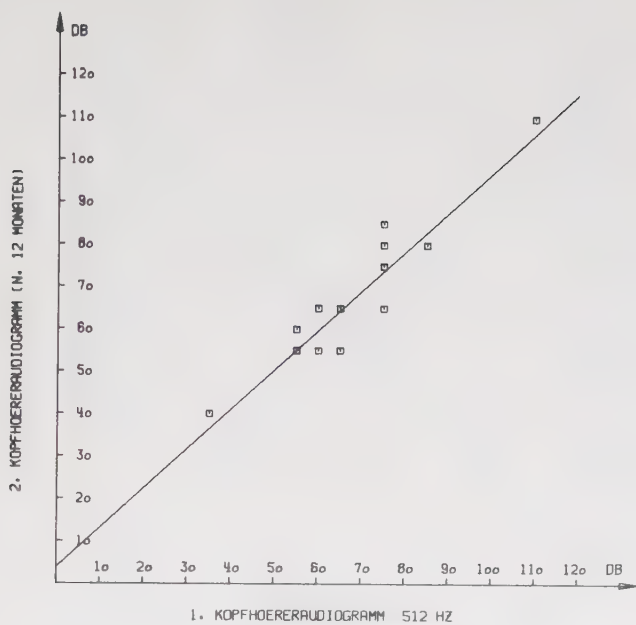
Zu Tabelle 3



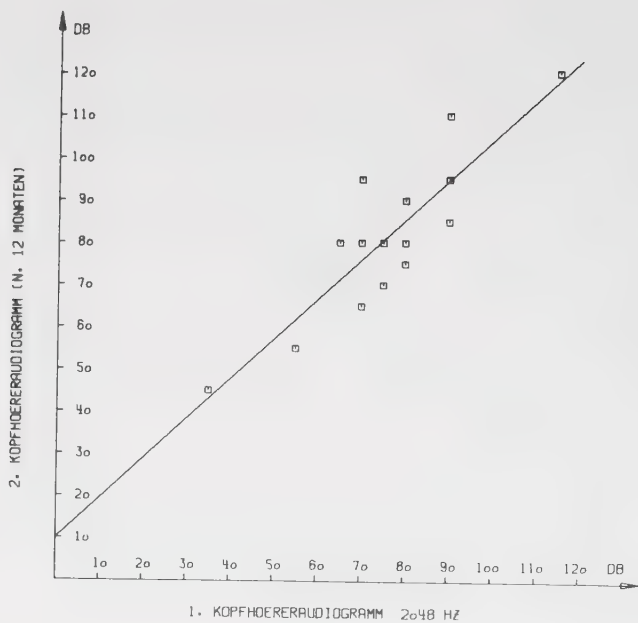
Zu Tabelle 3



Zu Tabelle 4



Zu Tabelle 4



Zu Tabelle 6

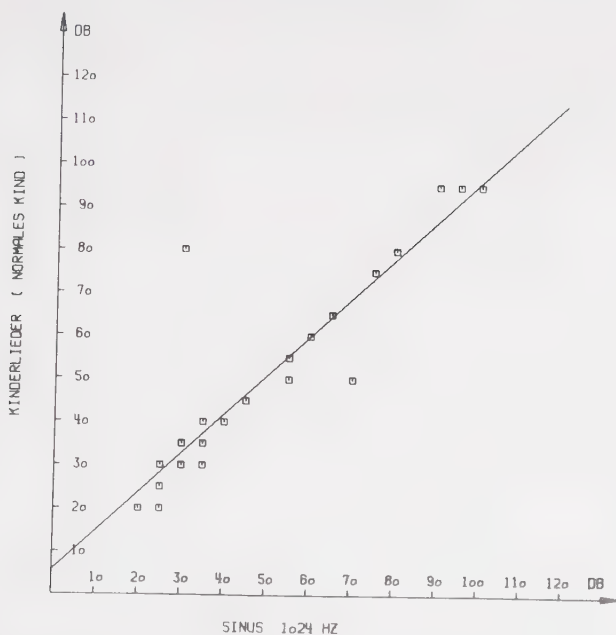
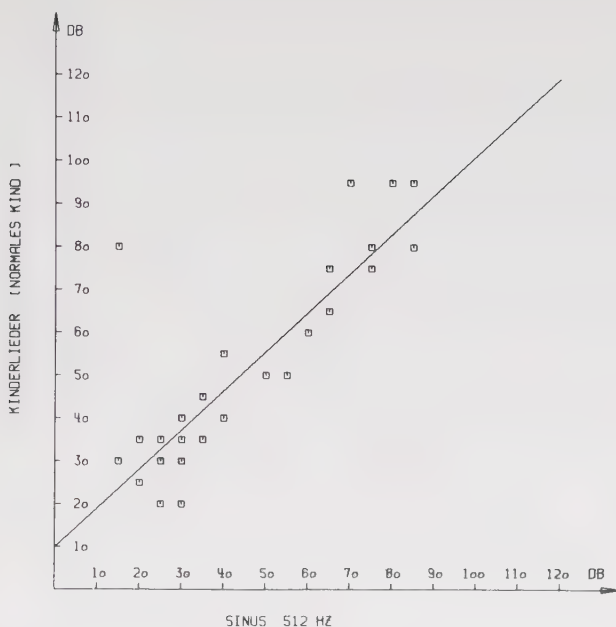
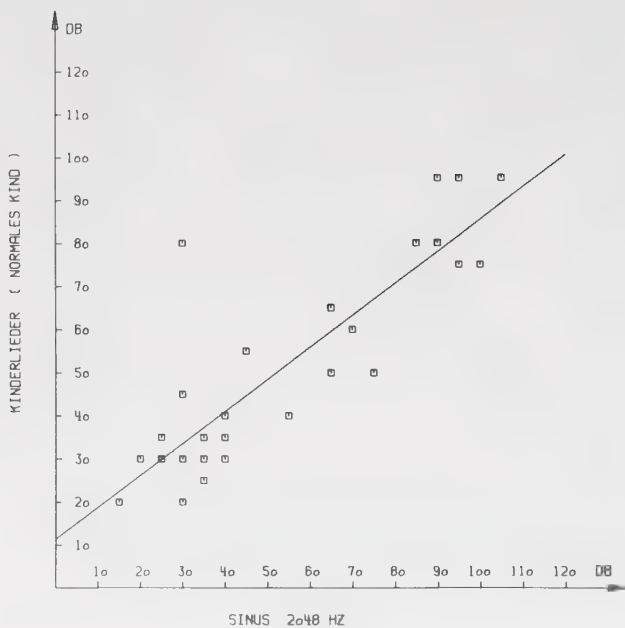
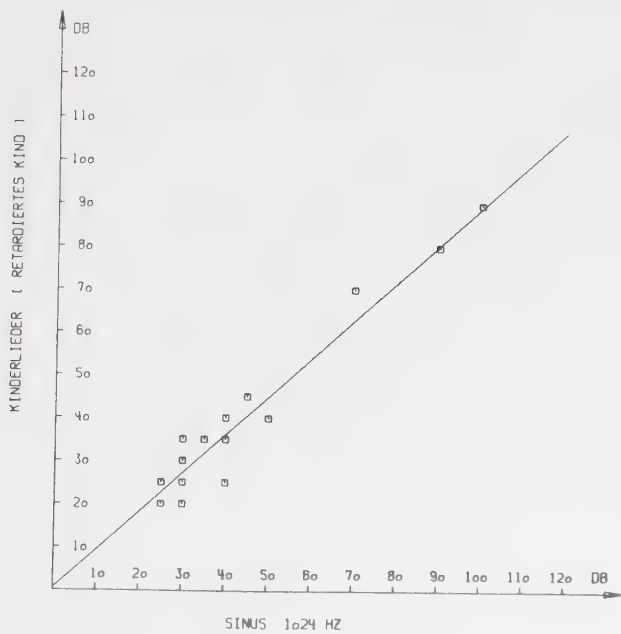
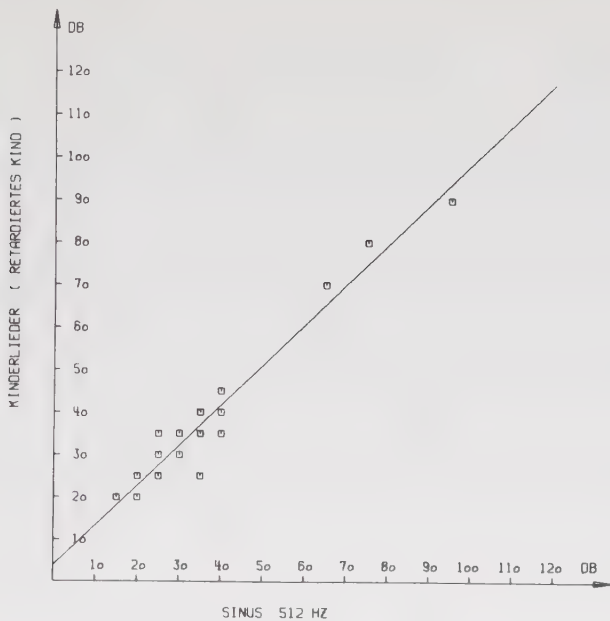


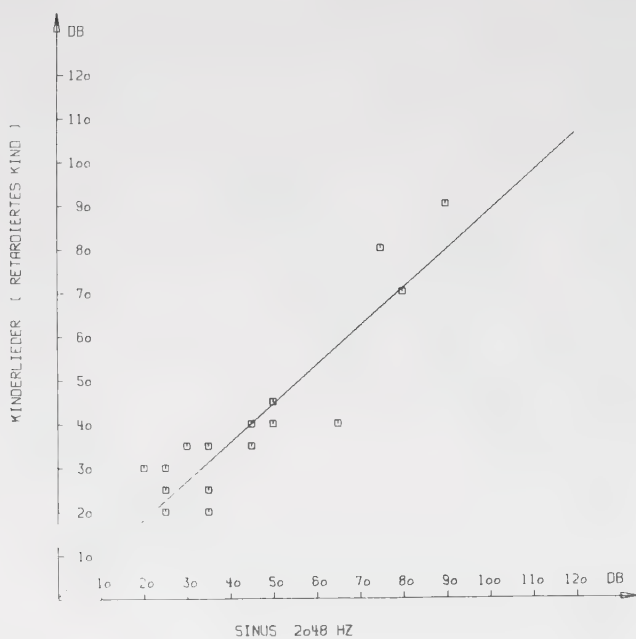
TABLE 6.



Zu Tabelle 7



Zu Tabelle 1.



V. Wertung der Untersuchungsergebnisse

Aus den Untersuchungen folgt, daß Hörprüfungen im freien Schallfeld und Kopfhöreraudiogramme ebenso wie allein Kopfhöreraudiogramme untereinander vergleichbar sind und innerhalb eines begrenzten Zeitraumes eine Altersunabhängigkeit besitzen. Das heißt, daß diese Methoden, was pädoaudiologische Diagnostik und therapeutische Konsequenzen anbelangt, ohne wesentliche Bedenken verwendbar sind. Auch anderswo erstellte Freifeldaudiogramme bei Kleinkindern sind daher mit späteren Kopfhöreraudiogrammen vergleichbar, wenn vergleichbare akustische Bedingungen bestanden haben.

Man kann allerdings Untersuchungsergebnisse, die von verschiedenen Kenndaten ausgehen, nicht miteinander vergleichen.

Wenn man diese Voraussetzungen unterstellt, dann lassen sich audiometrische Untersuchungen auch bei Kindern zu verschiedenen Zeiten in Vergleich setzen und beurteilen. Das betrifft auch Reihenuntersuchungen.

Diese Vergleichbarkeit sollte mit den vorliegenden Untersuchungen nachgeprüft werden, weil es diagnostisch von größter Bedeutung ist, ob die Kinderaudiometrie von gleichen diagnostischen Voraussetzungen ausgeht. Beim Erwachsenen ist dies relativ leicht, da in der Regel nur Kopfhöreraudiogramme verwendet werden und Audiometer und Kopfhörer geeicht sind. Eine verhältnismäßig unbedeutende Rolle spielt bei Hörprüfungen der Erwachsenen die Raumakustik. Beim Kind im freien Schallfeld ist dieser Faktor jedoch wesentlich wichtiger.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen: Pädodialogische Untersuchungen sind auch bei verschiedenen Verfahren wie Prüfungen im Schallfeld und mit Kopfhörer untereinander ebenso austauschbar wie Untersuchungen bei Erwachsenen, soweit gleiche akustische Voraussetzungen bestanden haben.

Dabei muß allerdings das Verhalten des Kindes gesondert betrachtet werden. Ein Kind kann in einer diagnostischen Situation unvorhergesehen reagieren (z.B. aus Furcht, wenn die Untersuchung ohne Beisein der Mutter stattfindet) und muß daher liebevoll motiviert an die Aufgabe herangeführt werden. Diese Dinge spielen aber auch bei gleichartigen Untersuchungsmethoden eine Rolle.

Zur Motivation und um Schwierigkeiten zu überwinden, dient auch das Kinderlied. Es stimmt mit überraschend hoher Wahrscheinlichkeit mit den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz eines Sinustones überein. Diese Frequenzen erfassen den Hauptsprachbereich und sind somit für die sprachliche Entwicklung des Kindes entscheidend. Damit ist auch durch das Kinderlied eine Aussage über das Hörvermögen des Kleinkindes möglich.

VI. Zusammenfassung

Es wird zunächst ein Überblick über die verschiedenen Hörprüfverfahren gegeben.

In der folgenden Untersuchung werden Sinustonaudiogramme, die im freien Schallfeld und mit Kopfhörern an Kleinkindern ermittelt worden sind, miteinander verglichen, und zwar in den wichtigen Frequenzen 512 Hz, 1024 Hz und 2048 Hz.

Bei der ersten Gruppe lag kein nennenswertes zeitliches Intervall zwischen den beiden Untersuchungen, weil festgestellt werden sollte, ob überhaupt Vergleichbarkeit bestand.

Anschließend erfolgte eine Gegenüberstellung von Audiogrammen, die, ohne zwischenzeitlich durchgeführte Hörprüfung, ein und zwei Jahre auseinanderlagen. Dabei war die erste Untersuchung im freien Schallfeld durchgeführt worden, während bei der zweiten die dann erstmals möglichen Kopfhörer angewendet worden waren.

In einer weiteren Untersuchungsreihe wurden Sinustonaudiogramme und Kinderlieder im freien Schallfeld bei normal entwickelten und bei retardierten Kindern (IQ 70-89) miteinander verglichen.

Für die verschiedenen Untersuchungen wurden auch jeweils verschiedene Probandengruppen benutzt.

Dabei zeigte sich:

1. Freies Schallfeld und Kopfhöreraudiogramm korrelieren sehr hoch, ohne signifikante Abweichung der Mittelwerte.

2. Auch bei Abständen von einem Jahr und zwei Jahren besteht noch hohe Korrelation bei einer statistisch signifikanten Mittelwertdifferenz von höchstens 5,6 dB.

3. Die Reproduzierbarkeit eines Kopfhöreraudiogramms gegenüber dem ein Jahr älteren Freifeldaudiogramm ist genau so gut, als hätte es sich auch bei der ersten Untersuchung um ein Kopfhöreraudiogramm gehandelt.

4. Kinderlieder stimmen sehr gut mit den drei Frequenzen 512 Hz, 1024 Hz und 2048 Hz überein. Die relativ höchste Korrelation wird beim Vergleich mit 1024 Hz erreicht. Dies gilt auch für retardierte Kinder.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

- BECKMANN, G. Das hörgestörte Kind
Arch.Ohr.-Nas.-u.Kehlk.Heilk.
180: 35-138 (1962)
- BECKMANN, G. Hörtraining
- SCHILLING, A. Zwangl.Abhandl. Hals-Nas.-
u.Ohrenheilk. 4: 35-53,
88-93 (1959)
- BIESALSKI, P. Möglichkeiten und Grenzen des
Kinderarztes bei der Untersu-
chung und Behandlung höрге-
störter Kinder
pädiat.praxis 9:122-126 (1970)
- BIESALSKI, P. Neue Wege und Möglichkeiten in
der Therapie schwerhöriger Kin-
der
pädiat.praxis 4:297-302 (1965)
- BIESALSKI, P. Bedeutung und Durchführung der
Frühdiagnostik hörgestörter
Kinder
Rehabilitation 8,H.2,94-109(1969)
- BIESALSKI, P. Hör- und Sprachschäden
Rehabilitation 7,H.I,34-36(1968)
- BIESALSKI, P. Mängel durch Hör- und Sprach-
störungen
Z.ärztl.Fortbild.54,H.11,(1965)
(Sonderdruck)

- BIESALSKI, P. Vergessene Patienten
Dtsch.Ärztebl.64,H.41,2134-2135
(1967)
- BIESALSKI, P. Landesarzt für Hör- und Sprach-
behinderte
Dtsch.Ärztebl.63,H.3,141-143(1966)
- BIESALSKI, P. Die Hörgeräteanpassung bei Klein-
kindern als klinisch-ärztlicher
Aufgabenbereich
Neue Bl.Taubstummenbild.H.12
(1965)
- BIESALSKI, P. Gesichtspunkte und neu entwickelte
Verfahren der Audiometrie im
Säuglings- und Kindesalter
Z.Laryng.Rhinol.Otol.43,H.8,
493-501 (1964)
- BIESALSKI, P. Die sozialmedizinische und öko-
nomische Bedeutung der Frühdiag-
nostik hör- und sprachgestörter
Kinder
Fortschr.Med. 84:H.9.347-348(1966)
- BIESALSKI, P. Diagnostik und Therapie des hör-
gestörten Kindes als ärztlicher
Aufgabenbereich
Ärztebl.Rhld.-Pfalz 17:H.8,
374-378 (1964)
- BIESALSKI, P. Erfassung und Betreuung hör- und
sprachbehinderter Kinder.-Situa-
tionsbericht,Mängel u.Verbesse-
rungsvorschläge.
Z.Hals,-Nas.-,u.Ohrenheilk. 17:
248-250 (1969)

- BIESALSKI, P. Hals-Nasen-Ohrenkrankheiten
aus: Lehrbuch der Kinderheilkunde
Hrsg. A. Wiskott u. W. Keller,
Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart,
3. Aufl., S. 720-745 (1969)
- BIESALSKI, P. Pädaudiologische Therapie als
HOLM, C. klinischer Aufgabenbereich
Z. Laryng. Rhinol. Otol. 45: H. 1, 52-60,
(1966)
- BURIAN, K. Die klinische EEG-Computer-Audio-
GESTRING, G.F. metrie als objektive Funktions-
HRUBY, S. prüfung des Hörorgans
Wien. klin. Wschr. 79: H 26, 535-539,
(1967)
- FLECKENSTEIN, V. Vergleichende Untersuchungen zwi-
schen Sinus- und Verbotal-
Audiometrie
Inaug.-Diss. Mainz 1968
- GEIGY, J.R. Documenta Geigy
wissenschaftliche Tabellen
6. Aufl. Basel 1960
- HAHLBROCK, K.H. Audiometrie
aus: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
Hrsg. J. Berendes, R. Link, F. Zöllner
Bd. III, T. I, Georg-Thieme-Verlag
Stuttgart, 1. Aufl. S. 362-465 (1965)
- KEMMLER, L. Praktische Fragen der Begabten-
HECKHAUSEN, H. diagnostik in der Erziehungsberatung
Beiträge zur Erziehungsberatung
Bd. 1, Julius-Beltz-Verl., Weinheim
1965

- SNIJDDERS, J.Th.
SNIJDDERS-OOMEN, N. Sprachfreie Intelligenzuntersuchung für Hörende und Taubstumme
Wolters-Verl., Groningen 1958
- SCHLORHAUFER, W. Gehörlose und schwerhörige Kinder
aus: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
Hrsg. J. Berendes, R. Link, F. Zöllner, Bd. III, T. 3, Georg-Thieme-Verl.
Stuttgart, 1. Aufl., S. 1958-2012 (1966)
- SCHUBERT, K. Sprachhörprüfungen
Arb. Gesundh. 63: 12-16, 30-32, 331-348
(1958)
- SCHUBERT, K. Theorie und Praxis der Hörgeräte-
anpassung, sowie Probleme der
Begutachtung
Georg-Thieme-Verl., Stuttgart,
S. 111-115 (1960)
- STATSMAN, R. Mental Measurement of Preschool
Children
Guide for Administering the Merrill-
Palmer Scale of Mental Testes
Reprint Part 3, 139-262 (1948)
- THEISSING, J.,
KUMPF, W. Objektive Hörprüfung im Kindes-
alter
Veränderungen des Atemgeräusches
als Indikator für Hören
H. 4, 1-38, 90-97, der Aktuellen
Oto-Rhino-Laryngologie,
Georg-Thieme-Verl., Stuttgart
(1970)

Herrn Professor Dr. P. BIESALSKI möchte ich meinen Dank für die Überlassung des Themas und seinen hilfreichen Rat aussprechen.

Herrn

danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Außerdem gilt mein Dank auch Herrn Professor Dr.H. FASSL für seine Hinweise zur statistischen Auswertung.

LEBENS LAUF

Ich wurde am 20. Dezember 1943 als drittes Kind des Augenarztes Kurt Breuer und seiner Ehefrau Klothilde, geb. Hoffmann, in Tübingen geboren.

In Freudenstadt legte ich nach Besuch der Volksschule und des Kepler-Gymnasiums im März 1963 die Reifeprüfung ab. Im selben Jahr begann ich das Studium der Medizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen. Nach Ablegung der ärztlichen Vorprüfung im Sommer 1966 setzte ich das Studium an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz fort, studierte zwischenzeitlich ein Semester an der Universität in Kiel und bestand in Mainz das medizinische Staatsexamen am 1. Juli 1969.

Anschließend war ich im Allgemeinen Krankenhaus in Bethel bei Bielefeld und danach im Kreiskrankenhaus Freudenstadt als Medizinalassistent tätig.

Seit April 1971, nach Erhalt der Approbation, arbeite ich als Assistenzarzt an der Universitäts-Augenklinik Hamburg-Eppendorf.

Seit März 1971 bin ich verheiratet mit Dr.med.Irmhild Breuer, geb. Ackermann. Unser erstes Kind wurde im März 1972 geboren.

